

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-217015

(43)Date of publication of application : 02.08.2002

(51)Int.Cl.

H01F 1/20  
B22F 1/02  
B22F 3/00  
H01F 1/153  
H01F 1/147  
H01F 41/02

(21)Application number : 2001-011525

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 19.01.2001

(72)Inventor : UEDA MASATERU  
NAKAMURA NAOMICHI

(54) DUST CORE, IRON-BASED POWDER THEREFOR IRON-BASED MIXED POWDER THEREFOR, AND METHOD OF MANUFACTURING IRON-BASED POWDER THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide iron-based powder for dust core that can secure a high insulation property without lowering the density of a green compact material and is suitable for such a dust core that has high permeability and a low iron loss even in a high-frequency region, and to provide iron-based mixed powder for dust core and a dust core both using the iron-based powder, and to provide a method of manufacturing the iron-based powder.

SOLUTION: The surfaces of the grains of the iron-based powder are coated with an epoxy resin having a weight-average molecular weight of 2,500-70,000 so that the content of the epoxy resin in the powder may become 0.1-5.0 mass%. The iron-based mixed powder for dust core contains the iron-based powder and a lubricant. The dust core is manufactured by compression-molding the iron-based mixed powder. In the method of manufacturing the iron-based powder, the powder is manufactured by adding and mixing a solution containing the epoxy resin having the weight-average molecular weight of 2,500-70,000 to and in the iron-based powder and, after the epoxy resin is adhered to the powder, the obtained powder is dried.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 F 1/20		H 0 1 F 1/20	4 K 0 1 8
B 2 2 F 1/02		B 2 2 F 1/02	C 5 E 0 4 1
	3/00		F
H 0 1 F 1/153		H 0 1 F 41/02	D
	1/147		C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-11525 (P2001-11525)	(71) 出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22) 出願日	平成13年1月19日 (2001.1.19)	(72) 発明者	植田 正輝 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内
		(72) 発明者	中村 尚道 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内
		(74) 代理人	100099531 弁理士 小林 英一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧粉磁心用鉄基粉末、圧粉磁心用鉄基混合粉末および圧粉磁心並びに圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 圧粉体密度を低下させることなく高絶縁性を確保し、高周波領域でも高透磁率で低鉄損な圧粉磁心に適する圧粉磁心用鉄基粉末および該鉄基粉末を用いた圧粉磁心用鉄基混合粉末、圧粉磁心、並びに圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法の提供。

【解決手段】 鉄基粉末粒子の表面がエポキシ樹脂で被覆されてなる圧粉磁心用鉄基粉末であって、エポキシ樹脂の重量平均分子量が2500～70000 で、エポキシ樹脂の含有量が0.1～5.0 質量%である圧粉磁心用鉄基粉末、および該圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤を含有する圧粉磁心用鉄基混合粉末、および該圧粉磁心用鉄基混合粉末の圧縮成形体である圧粉磁心、並びに鉄基粉末に重量平均分子量が2500～70000 のエポキシ樹脂を含有する溶液を添加、混合し、該エポキシ樹脂を前記鉄基粉末に付着せしめた後、得られた粉末を乾燥する圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鉄基粉末粒子の表面が、エポキシ樹脂で被覆されてなる圧粉磁心用鉄基粉末であって、前記エポキシ樹脂の重量平均分子量が2500～70000 で、該エポキシ樹脂の含有量が0.1～5.0 質量%であることを特徴とする圧粉磁心用鉄基粉末。

【請求項 2】 請求項 1 記載の圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤を含有することを特徴とする圧粉磁心用鉄基混合粉末。

【請求項 3】 請求項 2 記載の圧粉磁心用鉄基混合粉末の圧縮成形体であることを特徴とする圧粉磁心。

【請求項 4】 請求項 2 記載の圧粉磁心用鉄基混合粉末の圧縮成形体を加熱して得られた成形体であることを特徴とする圧粉磁心。

【請求項 5】 鉄基粉末に、重量平均分子量が2500～70000 のエポキシ樹脂を含有する溶液を添加、混合し、該エポキシ樹脂を前記鉄基粉末に付着せしめた後、得られた粉末を乾燥することを特徴とする圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法。

【請求項 6】 容器内で流動状態の鉄基粉末に、重量平均分子量が2500～70000 のエポキシ樹脂を含有する溶液を噴霧し、該エポキシ樹脂を前記鉄基粉末に付着せしめた後、得られた粉末を乾燥することを特徴とする圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電源回路などにおいてチョークコイルやノイズフィルタとして用いられる圧粉磁心の原料となる圧粉磁心用鉄基粉末および鉄基粉末を用いた圧粉磁心用鉄基混合粉末、圧粉磁心並びに圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、電力変換装置が非常に重要な位置を占める装置となりつつある。電力変換装置としては、手近な例として、コンピューターなどにおける電源回路が挙げられるが、昨今、地球環境保護などの観点から注目されている太陽光や風力などの自然エネルギーによる発電や、燃料電池を用いた発電などでも利用されている。

【0003】これらの電力変換装置では、高効率化と小型化を狙ってインバーター制御回路が用いられる。インバーター制御回路では、一般的に、動作周波数が高くなるほど電力変換効率が良くなり、電力変換効率のさらなる改善のために、インバーター制御回路で用いられるチョークコイルやノイズフィルタに代表される磁性部品も、従来以上の高周波域、すなわち100kHz以上の高周波域での性能が要求されるようになってきた。

【0004】一方、インバーター制御回路で用いられるチョークコイルやノイズフィルタには、圧粉磁心がよく用いられる。圧粉磁心とは、金属粉末に適宜樹脂など

をバインダーとして添加した後、加圧成形して製造される磁心であり、加圧成形後、添加した樹脂を硬化させるために、加熱処理、すなわち、いわゆるキュア（加熱硬化）を行う場合もある。

【0005】金属粉末としては、鉄粉、Fe-Si 粉、センドラスト粉、鉄系非晶質合金粉などの鉄基粉末が用いられる。インバーター制御回路で圧粉磁心が用いられる理由は、圧粉磁心は飽和磁束密度が高いため、フェライト磁心では磁気飽和を起こしてしまうようなノイズやサージ電流に対しても安定的に動作するためである。

【0006】しかし一方で、圧粉磁心は動作周波数が高くなるにつれて、透磁率の低下や、磁心内部の損失、いわゆる鉄損に起因する発熱が大きくなるという問題がある。これらは、いずれも磁心内部の渦電流が増加することに起因し、透磁率の低下はコイル性能の著しい低下を招き、また極度に発熱する磁心は使用に適しない。以上述べたように、電源回路などで使用されるインバーター制御回路の動作周波数は100kHz以上の高周波になりつつあり、このため100kHz以上の周波数領域においても高透磁率で低鉄損な高周波特性が改善された圧粉磁心の開発が急務である。

【0007】圧粉磁心の高周波特性を改善する方法としては、圧粉磁心の絶縁性を上げて渦電流を抑制する方法が有効であり、圧粉磁心の絶縁性向上には、鉄基粉末に絶縁物を添加、混合する方法が有効である。圧粉磁心を製造する際に添加するバインダーは一般に絶縁性が高いため、バインダーの添加量を増やすことで、圧粉磁心の絶縁性を高める方法が知られている（特開昭61-154014号公報、特開昭51-89198号公報参照）。

【0008】また、圧粉磁心の電気絶縁性向上のために、圧粉磁心の原料粉末として、鉄基粉末にバインダーとジルコニウム系カップリング剤を添加、混合した鉄基混合粉末を用いる方法が提案されている（特開昭62-29108号公報参照）。上記した方法によれば、バインダーとして、エポキシ樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ポリカーボネート樹脂などから選ばれる1種、またはこれらを複数组み合わせた樹脂が挙げられている。

【0009】しかしながら、上記したいずれの提案においても、バインダーとなる樹脂については樹脂の種類、例示にとどまり、樹脂の物性と圧粉磁心の絶縁性との関係については依然として不明であった。一方、鉄基粉末に対するバインダーの量を増加すると、その混合物を加圧成形して得られる圧粉体は、絶縁性が向上すると同時に圧粉体密度が低下する。

【0010】これは、圧粉体中での鉄基粉末の割合が低下するためであり、圧粉磁心の圧粉体密度の低下は、透磁率や飽和磁束密度などの低下を招き、透磁率や飽和磁束密度が低すぎると、磁心として不適当である。また、バインダーの添加量の増加にも限界があり、バインダー

を過大に添加した混合物を加圧成形して得られた圧粉体は、キュアによって著しく膨張し、このような膨張が生じたコアは、透磁率や飽和磁束密度が著しく低下してしまう上に形状もいびつなものとなり、磁心として不適当である。

【0011】以上述べたように、従来の圧粉磁心の場合、圧粉磁心の圧粉体密度を低下することなく、渦電流を抑制し、高周波特性を向上させることは困難であった。また、バインダー添加量の増加にも限界があるため、バインダー添加量の増加による高周波特性の改善にも限界があった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記した従来技術の問題点を解決し、圧粉体密度を低下させることなく高絶縁性を確保し、高周波領域でも高透磁率で低鉄損な圧粉磁心に適する圧粉磁心用鉄基粉末および該鉄基粉末を用いた圧粉磁心用鉄基混合粉末、圧粉磁心並びに圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、鉄基粉末粒子の表面が、エポキシ樹脂で被覆されてなる圧粉磁心用鉄基粉末であって、前記エポキシ樹脂の重量平均分子量が2500～70000、より好ましくは該重量平均分子量が3000～30000、さらに好ましくは該重量平均分子量が3000～15000で、該エポキシ樹脂の含有量が0.1～5.0質量%、より好ましくは該含有量が0.1～2.0質量%であることを特徴とする圧粉磁心用鉄基粉末である。

【0014】前記した第1の発明においては、前記圧粉磁心用鉄基粉末が、前記エポキシ樹脂に加えて、カップリング剤を含有することがより好ましい（第1の発明の第1の好適態様）。また、前記した第1の発明の第1の好適態様においては、前記したカップリング剤が、シラン系カップリング剤、チタン系カップリング剤、アルミニウム系カップリング剤、ジルコニウム系カップリング剤、インジウム系カップリング剤およびクロム系カップリング剤から選ばれる1種または2種以上であることが好ましく、少なくともシラン系カップリング剤を含有することが特に好ましい（第1の発明の第2の好適態様）。

【0015】また、前記した第1の発明の第1の好適態様、第2の好適態様においては、前記圧粉磁心用鉄基粉末のカップリング剤の含有量が、鉄基粉末、エポキシ樹脂およびカップリング剤の合計量中で0.0001～1質量%であることが好ましい（第1の発明の第3の好適態様、第4の好適態様）。第2の発明は、前記した第1の発明、第1の発明の第1の好適態様～第4の好適態様いずれかに記載の圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤を含有することを特徴とする圧粉磁心用鉄基混合粉末である。

【0016】前記した第2の発明においては、前記した

潤滑剤が、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸亜鉛およびステアリン酸カルシウムから選ばれる1種または2種以上である金属石鹸および／またはワックスであることが好ましい（第2の発明の第1の好適態様）。また、前記した第2の発明、第2の発明の第1の好適態様においては、前記圧粉磁心用鉄基混合粉末の潤滑剤の含有量が、前記した第1の発明、第1の発明の第1の好適態様～第4の好適態様いずれかに記載の圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤の合計量中で0.01～2質量%であることが好ましい（第2の発明の第2の好適態様、第3の好適態様）。

【0017】第3の発明は、前記した第2の発明、第2の発明の第1の好適態様～第3の好適態様いずれかに記載の圧粉磁心用鉄基混合粉末の圧縮成形体であることを特徴とする圧粉磁心である。第4の発明は、前記した第2の発明、第2の発明の第1の好適態様～第3の好適態様いずれかに記載の圧粉磁心用鉄基混合粉末の圧縮成形体を加熱して得られた成形体であることを特徴とする圧粉磁心である。

【0018】第5の発明は、鉄基粉末に、重量平均分子量が2500～70000、より好ましくは重量平均分子量が3000～30000、さらに好ましくは重量平均分子量が3000～15000のエポキシ樹脂を含有する溶液を添加、混合し、該エポキシ樹脂を前記鉄基粉末に付着せしめた後、得られた粉末を乾燥することを特徴とする圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法である。

【0019】第6の発明は、容器内で流動状態の鉄基粉末に、重量平均分子量が2500～70000、より好ましくは重量平均分子量が3000～30000、さらに好ましくは重量平均分子量が3000～15000のエポキシ樹脂を含有する溶液を噴霧し、該エポキシ樹脂を前記鉄基粉末に付着せしめた後、得られた粉末を乾燥することを特徴とする圧粉磁心用鉄基粉末の製造方法である。

【0020】前記した第5の発明、第6の発明においては、前記したエポキシ樹脂を含有する溶液がエポキシ樹脂を溶剤に溶解した溶液であることが好ましい（第5の発明の第1の好適態様、第6の発明の第1の好適態様）。また、前記した第5の発明の第1の好適態様、第6の発明の第1の好適態様においては、前記した溶剤が、ケトン系溶媒および／またはアルコール系溶媒であることが好ましい（第5の発明の第2の好適態様、第6の発明の第2の好適態様）。

【0021】また、前記した第5の発明の第1の好適態様、第2の好適態様、第6の発明の第1の好適態様、第2の好適態様においては、前記したエポキシ樹脂を溶剤に溶解した溶液が、溶剤：100質量部に対してエポキシ樹脂：1～400質量部を溶解した溶液であることが好ましい（第5の発明の第3の好適態様、第4の好適態様、第6の発明の第3の好適態様、第4の好適態様）。

【0022】また、前記した第5の発明、第5の発明の

第1の好適態様～第4の好適態様、第6の発明、第6の発明の第1の好適態様～第4の好適態様においては、前記乾燥後に得られる圧粉磁心用鉄基粉末のエポキシ樹脂含有量が0.1～5.0質量%であることが好ましい（第5の発明の第5の好適態様～第9の好適態様、第6の発明の第5の好適態様～第9の好適態様）。

【0023】なお、前記した第5の発明、第5の発明の第1の好適態様～第9の好適態様、第6の発明、第6の発明の第1の好適態様～第9の好適態様における乾燥とは、自然乾燥、加熱乾燥、減圧乾燥、加熱・減圧乾燥、真空乾燥、加熱・真空乾燥などを用いることができ、得られた粉末に付着した溶液を蒸発させることが可能な方法であればその乾燥法は特に制限されるものではない。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明をさらに詳細に説明する。本発明者らは、前記した課題を解決するために、鉄基粉末に添加するバインダー用エポキシ樹脂について鋭意検討した結果、下記知見(1)、(2)を見出し、本発明に至った。

【0025】(1) エポキシ樹脂重量平均分子量の規制：エポキシ樹脂の常温での状態とエポキシ樹脂の分子量が圧粉磁心の絶縁性向上に重要な役割を果たし、特に、常温において固形状で、重量平均分子量が2500以上、7000以下のエポキシ樹脂を、特定量、圧粉磁心用鉄基粉末に含有せしめることによって、極く少量の含有量でも圧粉磁心の絶縁性を著しく向上することが可能である。

【0026】(2) エポキシ樹脂含有溶液による鉄基粉末へのエポキシ樹脂の添加、混合：

①鉄基粉末に、重量平均分子量が2500以上、70000以下のエポキシ樹脂を含有する溶液を添加、混合するか、より好ましくは②容器内で流動状態の鉄基粉末に、重量平均分子量が2500以上、70000以下のエポキシ樹脂を含有する溶液をスプレーなどを用いて噴霧することで、鉄基粉末に均一にエポキシ樹脂の添加、混合を行うことができ、圧粉磁心の絶縁性を著しく向上することが可能である。

【0027】すなわち、従来用いられていたエポキシ樹脂は、重量平均分子量が例えばアラルダイト接着剤の場合400であり、高分子量でもせいぜい2000であった。これは、低分子量の方が取扱いが容易であり、鉄基粉末に付着させやすいためである。これに対して、本発明においては、重量平均分子量が2500以上、70000以下のエポキシ樹脂を、好ましくはケトン系溶媒および/またはアルコール系溶媒などの溶剤に溶解した溶液を、容器内で流動状態の鉄基粉末に噴霧することによって、エポキシ樹脂で被覆された圧粉磁心用鉄基粉末を製造する。

【0028】本発明によれば、後記するように、重量平均分子量が2500以上のエポキシ樹脂を用いることによって、鉄基粉末粒子の間に介在するエポキシ樹脂から構成される絶縁層の耐屈曲性が優れ、圧粉磁心用鉄基粉末の

加圧成形時の絶縁層の破壊が防止され、その結果、圧粉磁心の絶縁性を著しく向上することができる。また、エポキシ樹脂の重量平均分子量を70000以下と限定することによって、溶剤への溶解性が確保でき、鉄基粉末に均一にエポキシ樹脂の添加、混合を行うことができ、圧粉磁心の絶縁性を著しく向上することができる。

【0029】本発明における鉄基粉末は、粉末粒子表面がエポキシ樹脂で被覆されている鉄基粉末である。本発明においてエポキシ樹脂を用いる理由は、エポキシ樹脂は、①金属との密着性に優れる、②モノマー同士の間が付加反応によるため副反応生成物の含有量が少ない、③硬化後の収縮が小さい、④硬化物は機械的、電気的、化学的特性が優れるという特徴を有するためである。

【0030】また、本発明におけるエポキシ樹脂は、反応性のオキシラン環（エポキシ基）を有する樹脂を示す。本発明におけるエポキシ樹脂としては、例えば、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、臭素化ビスフェノールA型エポキシ樹脂、脂環型エポキシ樹脂、特殊エポキシ樹脂およびこれらエポキシ樹脂の変性樹脂から選ばれる1種または2種以上を用いることができる。

【0031】一方、エポキシ樹脂には常温で液状のものと、常温で固形状のものがある。本発明において用いるエポキシ樹脂は、常温において固形状のものが好ましい。液状エポキシ樹脂と鉄基粉末から構成される鉄基粉末は、べた付いてしまい、べた付いた鉄基粉末は、取扱いが著しく困難である。

【0032】また、液状エポキシ樹脂を用いた場合は、固形状エポキシ樹脂を使用した場合に比べ、得られる圧粉体の絶縁性が低い。これは、鉄基粉末を成形する時の加圧によって、鉄基粉末粒子間のエポキシ樹脂絶縁層が流動して押し出されてしまい、その結果、鉄基粉末粒子間の絶縁性が著しく低下してしまうためである。

【0033】本発明において用いるエポキシ樹脂は、重量平均分子量が2500以上、70000以下でなければならない。重量平均分子量が2500以上のエポキシ樹脂は、通常、常温で固形状である。重量平均分子量が2500未満のエポキシ樹脂は、エポキシ樹脂分子の耐屈曲性が低く、さらに硬化物の架橋密度が高くなるため、得られる硬化物が硬くて脆い。

【0034】このため、圧粉磁心に加圧成形する際、重量平均分子量が2500未満のエポキシ樹脂から構成される鉄基粉末粒子間の絶縁層は、加圧によって破壊されてしまう。この結果、重量平均分子量が2500以上のエポキシ樹脂を用いた場合に比べて、絶縁性が低下する。

【0035】逆に、重量平均分子量が70000を超えるエポキシ樹脂は、耐屈曲性は優れるが溶剤に溶けなくなる。上記した本発明におけるエポキシ樹脂の重量平均分子量とは、エポキシ樹脂が架橋する前の重量平均分子量

7  
を示す。重量平均分子量 (Mw) は、 $Mw = \{ \sum (Mi \cdot Mi \cdot Ni) \} / \{ \sum (Mi \cdot Ni) \}$  として定義される分子量であり、重量平均分子量の測定はGPC (ゲルパーミエーションクロマトグラフィー) で行われ、その測定結果をポリスチレンで換算した値から算出される。

【0036】エポキシ樹脂は、硬化剤を選択することで多種多様な性質を実現することが可能である。本発明においては、エポキシ樹脂の硬化剤として、例えば、ジシアンアミド、酸無水物、カルボキシ基含有ポリエステル、ブロック化インシアネートおよびフェノール樹脂などから選ばれる1種または2種以上が挙げられる。

【0037】ただし、本発明においては、硬化剤を添加せずにエポキシ樹脂だけで架橋、硬化せしめてもよい。すなわち、本発明においては、硬化剤の使用は必須ではない。エポキシ樹脂は、フィラーなどの充填剤を用いることで硬化物の物性を改善することが可能である。

【0038】本発明においては、圧粉磁心の特性を改善するために、フィラーなどの充填剤をエポキシ樹脂に添加してもよい。フィラーとしては、プラスチックの微粉末、雲母、タルク、シリカ、アルミナなどの無機物の微粉末が例示される。本発明においては、圧粉磁心用金属粉末として、強磁性を示しかつ高い飽和磁束密度を示す鉄基粉末を用いる。

【0039】鉄基粉末としては、鉄粉、Fe-3%Si合金粉に代表されるFe-Si合金粉、Fe-Al合金粉、Fe-Ni合金粉、センダスト粉および鉄系非晶質合金粉などから選ばれる1種または2種以上が例示される。また、鉄基粉末の中でも、アトマイズ鉄粉、還元鉄粉、電解鉄粉などに代表される純鉄粉が、飽和磁束密度や透磁率の磁気特性だけでなく、圧縮性も優れ、その上安価であり、本発明における鉄基粉末として好適である。

【0040】上記した純鉄粉としては、特に制限されるものではなく、例えばKIP-MG270H [商品名、川崎製鉄(株)社製]、KIP-300A [商品名、川崎製鉄(株)社製] などが挙げられる。本発明においては、前記で例示した鉄基粉末の製造工程で扁平状とした扁平状鉄基粉末あるいは前記で例示した鉄基粉末を何らかの機械加工によって扁平加工した扁平状鉄基粉末を用いてもよい。

【0041】本発明で用いる鉄基粉末の粒度は、圧粉磁心の用途や要求特性によって適宜決めることが望ましい。また、鉄基粉末として、圧縮性や圧粉磁心の磁気特性などに悪影響を及ぼさない範囲で含有元素の調整を行ったものを用いてもよい。本発明においては、エポキシ樹脂は溶剤に溶解して溶液状にした上で、鉄基粉末に添加、混合することが好ましい。

【0042】エポキシ樹脂を、粉末など固形状で鉄基粉末に添加、混合すると、エポキシ樹脂は鉄基粉末内で偏析しやすい。エポキシ樹脂が偏析した鉄基粉末を用いて製造した圧粉磁心は、絶縁性が低い。エポキシ樹脂を溶解する溶剤としては、アセトン、メチルエチルケトンな

どのケトン系溶媒、メタノール、エタノールなどのアルコール系溶媒、ベンゼン、トルエンなどの芳香族系溶媒、あるいは水などが例示され、これらを混合して用いてもよい。

【0043】また、上記溶剤の内、アセトン、メチルエチルケトン、メタノール、エタノールは、常温でも高い揮発性を示すため風乾が可能であり、さらに鉄基粉末の防錆処理が不要なため好適である。本発明においては、好ましくは溶剤:100 質量部に対して、エポキシ樹脂:1 ~ 400質量部を添加、混合したエポキシ樹脂溶液を調製し、得られたエポキシ樹脂溶液を、鉄基粉末に添加、攪拌混合し、さらに乾燥することで、エポキシ樹脂が鉄基粉末粒子の表面に均一に付着した圧粉磁心用鉄基粉末を製造する。

【0044】上記した攪拌混合は、例えば、アトライタ、ヘンシェルミキサー、ボールミル、ターニング式スプレードライヤー、レーディグミキサー、流動造粒機、転動造粒機などの機器を用いて行うことができる。鉄基粉末にエポキシ樹脂溶液を添加する際に、鉄基粉末に対してエポキシ樹脂溶液をスプレー噴霧すると、樹脂の偏析がより小さくなり、本発明の圧粉磁心用鉄基粉末を製造する際のエポキシ樹脂溶液の添加方法として好適である。

【0045】また、さらに、上記したスプレー噴霧時に、鉄基粉末を容器内で流動させておくと、エポキシ樹脂の偏析がより小さくなり、エポキシ樹脂が均一に鉄基粉末粒子の表面に付着し、最終的に得られる圧粉磁心の高周波特性が向上する。このため、本発明においては、圧粉磁心用鉄基粉末を製造するにあたって、鉄基粉末を容器内で流動化させ、流動化した鉄基粉末に対してエポキシ樹脂溶液をスプレー噴霧することが可能な流動造粒機や転動造粒機を用いることがさらに好ましい。

【0046】一方、スプレー噴霧したエポキシ樹脂溶液は、溶剤が容易に揮発するため、ノズルから離れた箇所ではエポキシ樹脂の粉末になってしまう。すなわち、鉄基粉末に対してスプレーノズルが離れた箇所にあると、エポキシ樹脂と鉄基粉末は互いに粉末となって混合され、エポキシ樹脂が偏析した鉄基粉末になってしまう。

【0047】溶剤が乾燥する前に、鉄基粉末とエポキシ樹脂溶液を混合するため、スプレーノズルは、鉄基粉末とスプレーノズルの距離が離れないように配置することが好ましい。流動造粒機や転動造粒機を用いる場合は、スプレーノズルは造粒機の容器下部に配置するとよい。

【0048】スプレー噴霧を行う際、その噴霧の方向が、容器底面に対して水平方向、容器内面に対して接線方向を向くようにすると、混合時スプレー噴霧の圧力が鉄基粉末に加えられ、鉄基粉末粒子同士の凝集が防止され、噴霧液を粉末に均一に被覆できる。このような方向でスプレー噴霧するスプレー方式は、接線方向スプレー方式(：タンジェンシャルスプレー方式)と呼ばれる。

【0049】本発明においては、流動造粒機や転動造粒機を用い鉄基粉末の流動条件下でエポキシ樹脂と鉄基粉末を混合して圧粉磁心用鉄基粉末を製造する場合は、上記した接線方向スプレー方式のノズルを流動造粒機や転動造粒機の容器の下部に設置することによって、さらにエポキシ樹脂の偏析が少ない圧粉磁心用鉄基粉末が得られ、好適である。

【0050】本発明においては、圧粉磁心用鉄基粉末のエポキシ樹脂含有量を、0.1～5.0質量%と規定する。初透磁率や飽和磁束密度などの磁気特性をさらに向上するためには、上記したエポキシ樹脂含有量を0.1～2.0質量%と規定することがより好ましい。エポキシ樹脂含有量が0.1質量%未満の場合は、十分な絶縁性を得ることができず、圧粉磁心の鉄損や透磁率などの高周波特性が改善されない。

【0051】一方、エポキシ樹脂含有量が5.0質量%を超える場合は、絶縁性は向上するが、圧粉磁心の圧粉密度が低下し、透磁率が低下する。本発明においては、エポキシ樹脂と鉄基粉末との間の濡れ性、密着性、接着の耐久性を改善するために、圧粉磁心用鉄基粉末中に、カップリング剤などの表面処理剤を少量添加することがより好ましい。

【0052】カップリング剤としては、シラン系カップリング剤、チタン系カップリング剤、アルミニウム系カップリング剤、ジルコニウム系カップリング剤、インジウム系カップリング剤およびクロム系カップリング剤などから選ばれる1種または2種以上が例示される。上記したカップリング剤の内、シラン系カップリング剤が、官能基を選択することで反応性、密着性などを調整することができる上に、比較的安価であるため好ましい。

【0053】カップリング剤の添加は、エポキシ樹脂溶液に少量添加する方法、すなわち、いわゆるインテグラルブレンドで行ってもよいし、事前に鉄基粉末に少量のカップリング剤を添加、混合した後、得られた鉄基粉末にエポキシ樹脂溶液を添加、混合してもよい。なお、後者の場合は、カップリング剤を溶剤に溶かし、希釈した形で鉄基粉末に添加してもよい。

【0054】上記したカップリング剤またはカップリング剤溶液の添加は、鉄基粉末にエポキシ樹脂溶液を添加、混合する際に用いる装置を用いればよい。圧粉磁心用鉄基粉末のカップリング剤の含有量は、鉄基粉末、エポキシ樹脂およびカップリング剤の合計量中で0.0001～1質量%であることが好ましい。これは、上記したカップリング剤の含有量が0.0001質量%未満の場合は、前記したカップリング剤の添加によるエポキシ樹脂と鉄基粉末との間の濡れ性、密着性、接着の耐久性の改善効果が少なく、逆に、1質量%を超える場合は、前記したカップリング剤の添加効果が実用上飽和し、経済的でないためである。

【0055】以上述べた鉄基粉末およびエポキシ樹脂ま

たはさらに加えてカップリング剤から構成される圧粉磁心用鉄基粉末は、必要に応じて潤滑剤などを添加した後、金型などを用いて加圧成形する。潤滑剤としては、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸亜鉛およびステアリン酸カルシウムなどから選ばれる1種または2種以上である金属石鹸および/またはワックスなどが例示される。

【0056】圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤の両者を含有する圧粉磁心用鉄基混合粉末の潤滑剤の含有量は、圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤の合計量中で0.01～2質量%であることが好ましい。これは、上記した潤滑剤の含有量を0.01質量%以上と規定することによって、抜き出し力の低下の効果が得られ、2質量%を超えて含有すると、潤滑剤添加効果が実用上飽和し経済的でない上、成形体の密度も下がってしまうためである。

【0057】圧粉磁心用鉄基粉末もしくは圧粉磁心用鉄基混合粉末（：圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤の混合物）の加圧成形時の成形圧は、用途に応じて適宜決定すればよい。本発明においては、加圧成形後、得られた成形体に、圧粉磁心用鉄基粉末中のエポキシ樹脂を硬化するための加熱処理であるキュアを施すことが好ましい。

【0058】なお、成形体のキュアの方法としては、成形体を一定時間加熱した後、温度を下げることなくさらに昇温、加熱を行うステップキュアの方法を用いてもよい。

【0059】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づいてさらに具体的に説明する。

【実施例1～11、比較例1～6】本実施例、比較例においては、鉄基粉末として、鉄粉「KIP-MG270H」〔商品名、川崎製鉄（株）社製〕を用いた。

【0060】エポキシ樹脂としては、下記6種類のエポキシ樹脂を用いた。

- ①重量平均分子量：500のビスフェノールA型固形状エポキシ樹脂
- ②重量平均分子量：800のフェノールノボラック型固形状エポキシ樹脂
- ③重量平均分子量：2500のフェノールノボラック型固形状エポキシ樹脂
- ④重量平均分子量：3000のビスフェノールA型固形状エポキシ樹脂
- ⑤重量平均分子量：8000のビスフェノールA型固形状エポキシ樹脂
- ⑥重量平均分子量：60000のビスフェノールA型固形状エポキシ樹脂

先ず、これらの固形状エポキシ樹脂を、それぞれ、メチルエチルケトンに溶解し、エポキシ樹脂の濃度が20質量%であるエポキシ樹脂溶液を調製した（実施例1～11、比較例1～6）。

【0061】また、実施例3～11においては、上記で得

られたエポキシ樹脂溶液に、アミノシランカップリング剤を添加した溶剤を添加し、カップリング剤添加エポキシ樹脂溶液を調製した。次に、得られたエポキシ樹脂溶液もしくはカップリング剤添加エポキシ樹脂溶液と鉄基粉末とを混合した。

【0062】エポキシ樹脂溶液もしくはカップリング剤添加エポキシ樹脂溶液と鉄基粉末との混合は、下記の手順で行った。まず、鉄基粉末に、得られる圧粉磁心用鉄基粉末中のエポキシ樹脂の含有量（：エポキシ樹脂の固形分含有量）が0.04～10.0質量%となるように、エポキシ樹脂溶液もしくはカップリング剤添加エポキシ樹脂溶液（以下、これら両者の樹脂溶液をエポキシ樹脂溶液とも記す）を添加した。

【0063】なお、アミノシランカップリング剤を添加した実施例3～9においては、得られる圧粉磁心用鉄基粉末中のアミノシランカップリング剤の含有量が表1に示す量となるようにカップリング剤を添加したエポキシ樹脂溶液を調製した。混合に際しては、ヘンシェルミキサー、流動造粒機、転動造粒機のいずれかを用い、鉄基粉末およびエポキシ樹脂溶液を攪拌・混合した。

【0064】ヘンシェルミキサーを用いた場合の攪拌・混合時間は400秒とし、流動造粒機、転動造粒機を用いた場合は、スプレー噴霧後、10分攪拌・混合した。攪拌・混合後、得られた粉末を室温にて10時間放置し、乾燥させ圧粉磁心用鉄基粉末を得た。次に、上記で得られたエポキシ樹脂を被覆した圧粉磁心用鉄基粉末に、潤滑剤を添加、混合し、圧粉磁心用鉄基混合粉末（：圧粉磁心用鉄基粉末と潤滑剤との混合物）を得た。

【0065】潤滑剤としては、ステアリン酸リチウムを用い、圧粉磁心用鉄基混合粉末の潤滑剤の含有量は、圧粉磁心用鉄基粉末および潤滑剤の合計量中で0.25質量%とした。なお、圧粉磁心用鉄基粉末に対する潤滑剤の添加、混合は下記の手順で行った。

【0066】すなわち、圧粉磁心用鉄基粉末を袋に入れ、次に、所定量の潤滑剤を、袋の中の粉末に添加し、その後、袋の口を厳重に閉じた上で、袋全体を振動させ、混合し圧粉磁心用鉄基混合粉末（：圧粉磁心用鉄基粉末と潤滑剤との混合物）を得た。次に、上記で得られた圧粉磁心用鉄基混合粉末を、成形圧力：686MPaの条件下で加圧成形し、磁気測定用のリング試料（外径：38mmφ、内径：25mmφ、高さ：6.2mm）と、比抵抗測定用の直方体試料（幅：10mm、長さ：35mm、高さ：6.2mm）を得た。

【0067】次に、得られた各試料（：圧粉磁心）を、加熱温度：200℃、加熱時間：120分の条件下で大気中で加熱した。次に、得られた各試料（：圧粉磁心）について、下記測定方法で①圧粉体密度、②比抵抗、③インダクタンス、④交流初透磁率、⑤臨界周波数および⑥鉄損を測定、算出した。

【0068】①圧粉体密度：試料の質量と体積を測定

し、それらの値から算出した。

②比抵抗  $\rho$ ：直方体試料を用い、四端子法にて測定した。

③インダクタンス：リング試料に0.6mmφのホルマル被覆導線を11巻きしたコイルおよびアジレントテクノロジー社製HP4284Aを用い、1～100kHzでのインダクタンスを測定した。

【0069】④交流初透磁率：10kHzでのインダクタンス値から算出した。

⑤臨界周波数：10kHzでの交流初透磁率に0.8を掛けて臨界交流初透磁率を算出し、交流初透磁率が、臨界交流初透磁率になる周波数を、臨界周波数として算出した。

【0070】臨界周波数は、その試料がどれくらいの周波数まで安定した初透磁率を有するかを示す値であり、この値が高いほど高周波特性が優れていることを示す。

⑥鉄損（W0.5/100K）：リング試料に0.6mmφのホルマル被覆導線を、一次側、二次側ともに40巻きしたコイルおよびアジレントテクノロジー社製E5060Aを用い、100kHz、50mTでの鉄損（W0.5/100K）を測定した。

【0071】表1に、下記する(1)圧粉磁心用鉄基混合粉末の仕様、(2)圧粉磁心用鉄基粉末の製造条件、および(3)圧粉磁心用鉄基混合粉末を加圧成形して得られた圧粉磁心の性能を示す。

(1)圧粉磁心用鉄基混合粉末の仕様：使用した鉄基粉末、エポキシ樹脂、カップリング剤、潤滑剤の種類、エポキシ樹脂の重量平均分子量、圧粉磁心用鉄基混合粉末中のエポキシ樹脂、カップリング剤、潤滑剤の含有量

(2)圧粉磁心用鉄基粉末の製造条件：エポキシ樹脂含有溶液の溶剤の種類、混合に使用した装置の種類

(3)圧粉磁心用鉄基混合粉末を加圧成形して得られた圧粉磁心の性能：圧粉体密度、比抵抗、10kHzでの初透磁率、臨界周波数、鉄損（W0.5/100k）以下、得られた各実施例、比較例の試験結果を対比して説明する。

【0072】（実施例1、2）重量平均分子量が本発明の範囲内のエポキシ樹脂を用いた実施例1、2の圧粉磁心は、重量平均分子量が本発明の範囲外のエポキシ樹脂を用いた比較例1の圧粉磁心に対して比抵抗、臨界周波数、鉄損（W0.5/100K）のいずれにおいても優れている。

【0073】（実施例3）実施例3の圧粉磁心は、前記した実施例2に対して、エポキシ樹脂の含有量を低減し、アミノシランカップリング剤を0.005質量%含有する圧粉磁心用鉄基混合粉末を用いた圧粉磁心である。本実施例3においては、実施例2の圧粉磁心と同等の初透磁率を示す一方、臨界周波数が0.12MHz高く、鉄損（W0.5/100K）が252kW/m<sup>3</sup>小さい圧粉磁心が得られた。

【0074】すなわち、重量平均分子量が本発明の範囲内のエポキシ樹脂を用いると共に、アミノシランカップリング剤を併用すると、臨界周波数、鉄損（W0.5/100K）のいずれにおいても優れると共に、アミノシランカ



カップリング剤無添加の場合に対して、樹脂添加量を少なくした上で、さらに高周波特性に優れた圧粉磁心が得られた。

【0075】（実施例4）実施例4の圧粉磁心は、前記した実施例3に対して、さらに重量平均分子量の大きなエポキシ樹脂を用いた圧粉磁心である。実施例3よりさらに重量平均分子量の大きなエポキシ樹脂を用いることによって、実施例3の圧粉磁心とほぼ同等の初透磁率を示す一方、臨界周波数が実施例3より0.05MHz 高く、鉄損が73kW/m<sup>3</sup> 小さい圧粉磁心が得られた。

【0076】（実施例5）実施例5の圧粉磁心は、実施例4に対して、エポキシ樹脂およびカップリング剤の含有量を3倍にした圧粉磁心である。エポキシ樹脂の含有量を増加すると初透磁率は低下するが、比抵抗は1670μΩm、臨界周波数は1.21MHz まで高くなり、鉄損は実施例4に対してさらに186kW/m<sup>3</sup> 低下した。

【0077】（実施例6）実施例6の圧粉磁心は、重量平均分子量：60000のエポキシ樹脂とアミノシランカップリング剤を用いた圧粉磁心である。重量平均分子量をさらに増加すると、実施例5に対して初透磁率、臨界周波数はいずれも若干低下し、鉄損は実施例5に対して若干上昇した。しかし、後記するいずれの比較例よりも鉄損が小さく、優れた高周波特性を示した。

【0078】（実施例7）実施例7の圧粉磁心は、実施例4における鉄基粉末とエポキシ樹脂溶液との攪拌・混合において、ヘンシェルミキサーに代えて流動造粒機を用いて製造した圧粉磁心である。流動造粒機を用いることによって、実施例4の場合と同等の初透磁率を示す一方、比抵抗は増加し、臨界周波数は1.00MHz まで増加し、鉄損は1300kW/m<sup>3</sup> まで低下した。

【0079】（実施例8）実施例8の圧粉磁心は、実施例4における鉄基粉末とエポキシ樹脂溶液との攪拌・混合において、ヘンシェルミキサーに代えて流動造粒機を用いて製造した圧粉磁心である。なお、この場合、スプレーノズルは流動造粒機の容器上部に設置した。

【0080】流動造粒機を用いることによって、実施例7に比べさらに比抵抗、初透磁率ともに上昇し、また臨界周波数も1.15MHz まで増加し、鉄損は、1270kW/m<sup>3</sup> まで低下した。

（実施例9）実施例9の圧粉磁心は、実施例4における鉄基粉末とエポキシ樹脂溶液との攪拌・混合において、ヘンシェルミキサーに代えて流動造粒機を用いて製造した圧粉磁心である。

【0081】なお、この場合、スプレー方式は、前記した接線方向スプレー方式（：タンジェンシャルスプレー

方式）を採用し、スプレーノズルは流動造粒機の容器下部に設置した。スプレー方式として接線方向スプレー方式を用いることによって、初透磁率は実施例8と同等の値を示す一方、比抵抗はさらに増加し、臨界周波数は1.40MHzまで増加した。また、鉄損は、1230kW/m<sup>3</sup> まで低下した。

【0082】（実施例10、11）実施例10、11の圧粉磁心は、それぞれ実施例7、9に対してエポキシ樹脂の含有量を1.75質量%、4.25質量%増加した圧粉磁心である。エポキシ樹脂の含有量を増加すると、前記した実施例5と同様に、さらに比抵抗、臨界周波数および鉄損の3者が改善される。

【0083】（比較例1～3）比較例1～3の圧粉磁心は、重量平均分子量が本発明の範囲外である500、800のエポキシ樹脂を用いた圧粉磁心である。いずれの場合も、重量平均分子量が2500以上のエポキシ樹脂を用いた実施例1～9の圧粉磁心に対して臨界周波数が低く、鉄損が大きかった。

【0084】（比較例4）比較例4の圧粉磁心は、重量平均分子量が500のエポキシ樹脂を2.00質量%含有する圧粉磁心である。重量平均分子量が本発明の範囲外である500のエポキシ樹脂を用い、エポキシ樹脂の含有量を増加することによって、比抵抗は2120μΩm まで上昇し、鉄損も1427kW/m<sup>3</sup> まで低下したが、初透磁率が45.0 まで低下した。

【0085】比較例4の圧粉磁心は、初透磁率が低いため、圧粉磁心として使用できない。

（比較例5）比較例5の圧粉磁心は、実施例2と同じエポキシ樹脂を0.04質量%含有する圧粉磁心である。重量平均分子量が本発明の範囲内のエポキシ樹脂を用いることによって、初透磁率は82.9となり実施例2より高い値を示した。

【0086】しかし、エポキシ樹脂の含有量が本発明の範囲外で過少な場合、臨界周波数が0.13MHz まで低下すると共に、鉄損が3502kW/m<sup>3</sup> まで増加し、圧粉磁心として使用できない。

（比較例6）比較例6の圧粉磁心は、実施例2と同じエポキシ樹脂を10.00 質量%含有する圧粉磁心である。

【0087】重量平均分子量が本発明の範囲内のエポキシ樹脂を用いた場合でも、エポキシ樹脂の含有量が本発明の範囲外で過剰な場合、初透磁率が25.0まで低下し、鉄損も2020kW/m<sup>3</sup> となった。比較例6の圧粉磁心は、磁気特性が劣り、圧粉磁心として使用できない。

【0088】

【表1】

【表1-1】

圧粉磁心用粘結粉末 (圧粉磁心用粘結混合粉末)										圧粉磁心用粘結粉末 の製造条件	
実施例	種類	エポキシ樹脂			カップリング剤			顔料剤		はかり測定 有溶媒の溶 剤	混合に使用 した装置
		種類	質量平均 分子量	含有量 (質量%)	種類	含有量 (質量%)	種類	種類	含有量 (質量%)		
実施例1	鉄粉	7J-45F7型	2500	0.33	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例2	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.33	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例3	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.25	7S1977A777F7A	0.005	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例4	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.25	7S1977A777F7A	0.005	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例5	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.75	7S1977A777F7A	0.015	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例6	鉄粉	EXJ-40型	6000	0.75	7S1977A777F7A	0.02	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例7	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.25	7S1977A777F7A	0.005	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例8	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.25	7S1977A777F7A	0.005	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例9	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.25	7S1977A777F7A	0.005	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例10	鉄粉	EXJ-40型	3000	2.00	7S1977A777F7A	0.005	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
実施例11	鉄粉	EXJ-40型	3000	4.50	7S1977A777F7A	0.005	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
比較例1	鉄粉	EXJ-40型	500	0.33	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
比較例2	鉄粉	EXJ-40型	500	0.75	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
比較例3	鉄粉	7J-45F7型	800	0.75	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
比較例4	鉄粉	EXJ-40型	500	2.00	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
比較例5	鉄粉	EXJ-40型	3000	0.04	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A
比較例6	鉄粉	EXJ-40型	3000	10.00	—	0	※777-86F7A	—	0.25	※777-86F7A	※777-86F7A

備考) ※: 7J-7A: 粘結剤の容器上部に設置; ※: 7J-7A: 粘結剤の容器下部に設置

【表 1-2】

	圧粉磁心の性能				
	密度 ( $\text{Mg}/\text{m}^3$ )	比抵抗 $\rho$ ( $\mu\Omega\text{m}$ )	初透磁率	臨界周波数 (MHz)	鉄損 $\text{Wt. 5/100k}$ ( $\text{kW}/\text{m}^2$ )
実施例 1	7.06	390	77.4	0.55	1790
実施例 2	7.05	406	77.3	0.56	1770
実施例 3	7.04	576	77.7	0.68	1518
実施例 4	7.07	628	78.2	0.73	1445
実施例 5	6.94	1670	72.1	1.21	1259
実施例 6	6.90	1250	70.3	1.05	1300
実施例 7	7.07	1230	78.0	1.00	1300
実施例 8	7.07	1500	78.7	1.15	1270
実施例 9	7.08	1850	78.8	1.40	1230
実施例 10	6.87	*	65	3.8	1210
実施例 11	6.63	*	58	5.3	1195
比較例 1	7.08	268	79.5	0.36	2148
比較例 2	7.00	452	76.2	0.44	1952
比較例 3	6.99	479	75.2	0.46	1949
比較例 4	6.67	2120	45.0	1.12	1427
比較例 5	7.13	142	82.9	0.13	3502
比較例 6	4.00	120000	25.0	7.80	2020

備考) \*: レンジオーバー (2300000  $\mu\Omega\text{m}$ 以上)

【0090】 【比較例 7、8】

(比較例 7) 液状エポキシ樹脂 (重量平均分子量: 280) を、メチルエチルケトンに溶かし溶液状にした上で、鉄基粉末に添加、攪拌、混合した。溶剤の蒸発によって溶剤臭がなくなった後も粉末がベタついていたため、圧粉磁心に加圧成形することができなかった。

【0091】 (比較例 8) 重量平均分子量が 75000 のエポキシ樹脂を準備した。しかし、上記したエポキシ樹脂は、溶剤に溶けず、溶液化して鉄基粉末に混合することができなかった。

【実施例 12~22】 前記した実施例 1~11において、①潤滑剤を無添加とするか (実施例 12、13)、②潤滑剤および溶剤の種類を変えるか (実施例 14~16)、カップリング剤の種類を変えた (実施例 17~22) 以外は、実施例 1~11と同様の方法で圧粉磁心を製造し、圧粉磁心の性能を評価した。

【0092】 表 2 に、(1) 圧粉磁心用鉄基粉末もしくは圧粉磁心用鉄基混合粉末 ( : 圧粉磁心用鉄基粉末と潤滑剤との混合物) の仕様、(2) 圧粉磁心用鉄基粉末の製造条件、および (3) 圧粉磁心用鉄基粉末もしくは圧粉磁心用鉄基混合粉末を加圧成形して得られた圧粉磁心の性能を示す。表 2 に示されるように、本実施例で得られた圧

粉磁心も、比抵抗が高く、高周波領域でも高透磁率かつ低鉄損であり、100kHz レベルの高周波領域でも利用可能な圧粉磁心を得ることができた。

【0093】 以上、実施例について述べたが、本発明における鉄基粉末としては、前記した実施例で用いた鉄粉 (磁性材用鉄粉) に限定されることなく、種々の鉄基粉末を用いることができる。

【0094】

【表 3】

【0095】  
【表 4】

【表 2-1】

圧入型用粉末 (圧入型用粉末混合粉末)										圧入型用粉末 の製造条件	
実施例	種類	エポキシ樹脂			カップリング剤		潤滑剤			はかり混合 有溶剤の溶 剤	混合に使用 した装置
		種類	重量平均 分子量	含有量 (質量%)	種類	含有量 (質量%)	種類	含有量 (質量%)	種類		
実施例12	粉末	71-40-7型	2500	0.38	—	0	—	0	—	71-40-7型	圧入型
実施例13	粉末	71-40-7型	3000	0.38	—	0	—	0	—	71-40-7型	圧入型
実施例14	粉末	71-40-7型	3000	0.25	71-40-7型	0.001	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例15	粉末	71-40-7型	3000	0.25	71-40-7型	0.002	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例16	粉末	71-40-7型	3000	0.15	71-40-7型	0.5	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例17	粉末	71-40-7型	3000	0.25	71-40-7型	1.0	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例18	粉末	71-40-7型	3000	0.25	71-40-7型	0.25	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例19	粉末	71-40-7型	3000	0.25	71-40-7型	0.01	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例20	粉末	71-40-7型	3000	0.25	71-40-7型	0.005	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例21	粉末	71-40-7型	3000	2.00	71-40-7型	0.5	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型
実施例22	粉末	71-40-7型	3000	4.50	71-40-7型	0.15	71-40-7型	0.25	71-40-7型	71-40-7型	圧入型

(備考) \* : 71-40-7型 : 圧入型用粉末の容器上面に設置、\*\* : 71-40-7型 : 圧入型用粉末の容器下部に設置

10

20

30

【表 2-2】

	圧粉磁心の性能				
	密度 (Mg/m <sup>3</sup> )	比抵抗 $\rho$ ( $\mu \Omega \text{m}$ )	初透磁率	臨界周波数 (MHz)	鉄損 W0.5/100k (kW/m <sup>3</sup> )
実施例12	7.03	400	75.4	0.60	1750
実施例13	7.02	410	75.3	0.62	1730
実施例14	7.04	612	76.8	0.69	1502
実施例15	7.06	630	77.9	0.73	1451
実施例16	6.95	1685	71.9	1.20	1243
実施例17	6.89	1280	70.2	1.08	1310
実施例18	7.06	1240	77.9	1.01	1289
実施例19	7.08	1490	78.5	1.15	1268
実施例20	7.07	1850	78.4	1.40	1251
実施例21	6.85	*	64.3	3.90	1205
実施例22	6.64	*	56.4	5.20	1194

備考) \*: レンジオーバー (2300000  $\mu \Omega \text{m}$ 以上)

【0096】

【発明の効果】本発明によれば、圧粉体密度を低下させることなく高絶縁性を確保し、高周波領域でも高透磁率

で低鉄損な圧粉磁心用の鉄基粉末を得ることができ、この結果、100kHzレベルの高周波領域でも利用可能な圧粉磁心を得ることができた。

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01F 41/02

識別記号

FI

H01F 1/14

テマコード (参考)

A

Fターム (参考) 4K018 BC29 KA44

5E041 AA02 AA04 AA11 BC05 BC08

CA01 HB14 NN05